
Petr KŘEŠŤAN¹, Josef PEROUTKA², Vladimír STOJE³

**SANACE TURONSKÉ ZVODNĚ V OBLASTI STRÁŽE POD RALSKEM
V LETECH 1998 – 2008**

**REMEDIATION OF TURONIAN AQUIFER IN STRÁŽ POD RALSKE AREA
IN 1998-2008**

Abstrakt

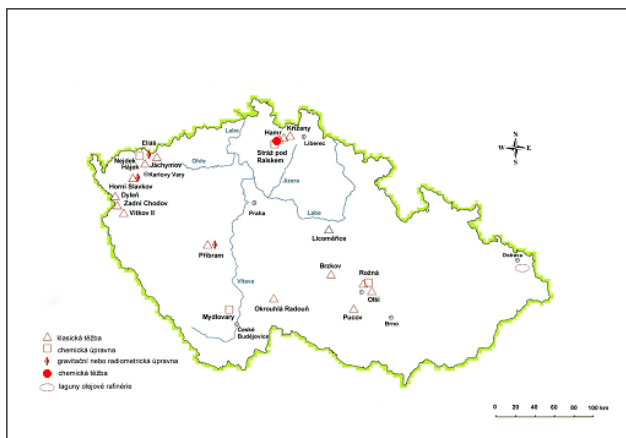
Príspevek se zabývá výsledky sanací provedených v dřívější loužící oblasti ve Stráži pod Ralskem. Výsledky monitorování podzemních vod v období 1998-2008 jsou dokladovány.

Abstract

The article presents results of remediation in the former in situ leaching area in Stráž pod Ralskem. The results of underground water monitoring in the period 1998-2008 are described.

Úvod

Uranové ložisko Stráž pod Ralskem leží v severočeské křídové pánvi. Je dlouhodobou environmentální zátěží s. p. DIAMO (obr. 1).



Obr. 1 Mapa sanovaných lokalit ve správě s. p. DIAMO

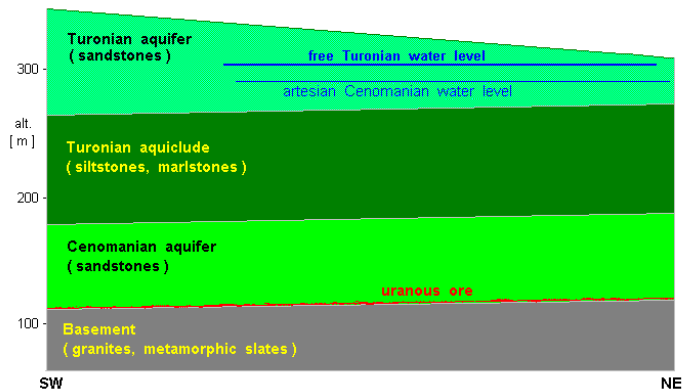
¹ Ing. Petr Křest'an, Diamo s. p., TÚU o.z. Stráž pod Ralskem, e-mail: krestan@diamo.cz

² RNDr. Josef Peroutka, Diamo s. p., TÚU o.z. Stráž pod Ralskem, e-mail: peroutka@diamo.cz

³ Mgr. Vladimír Stojé, Diamo s. p., TÚU o.z. Stráž pod Ralskem, e-mail: stojec@diamo.cz

Ložisko ve Stráži pod Ralskem je tvořené svrchnokřídovými sedimenty s hojnými průniky vulkanických hornin. V oblasti jsou vyvinuty dva zvodněné horizonty, spodní cenomanský a svrchní turonský. Oddělené jsou hydrogeologickým izolátorem souvrství spodního turonu (obr. 2).

Pro vysoký obsah radioaktivních látek nejsou cenomanské vody vodohospodářsky využívány. Vody svrchního turonského kolektoru jsou však významným zdrojem pitné vody.



Obr. 2 Schematický hydrogeologický řez ložiskem Stráž

Uranové zrudnění je na bázi cenomanského souvrství. Chemická těžba uranu v oblasti probíhala od roku 1974. Do cenomanské zvodně bylo v jejím průběhu vtlačeno téměř 5 milionů tun kyselin sírové a dalších chemikálií, čímž bylo v této zvodni ovlivněno cca 190 milionů m³ vody.

Monitorování sanačního procesu

V roce 1996 chemická těžba přešla z těžebního do sanačního režimu. Vzhledem ke znalostem o rozložení kontaminace, byla sanace zaměřena na cenomanskou zvodně. Od zahájení sanace připadla významná úloha karotáži, která společně s odběry vzorků vody z vrtů sledovala a upřesňovala rozsah a intenzitu znečištění horninového prostředí. Právě karotážní měření cenomanského souvrství metodou indukční karotáže začalo nacházet polohy s anomálně vysokou vodivostí u báze turonské zvodně. Šlo o překvapující zjištění, které nekorelovalo s analýzami vzorků vody. Turonské pozorovací a čerpací vrty, budované od začátku těžby v řídké základní síti, měly několikametrový interval perforací obvykle situovaný uprostřed mezi hladinou a dnem zvodně a vzorky tedy byly odebírány pouze z vertikálního středu zvodně a nemohly obsáhnout její rozvrstvení. Teprve otevření perforací proti intervalům s anomální měrnou elektrickou vodivostí definitivně potvrdilo, že se skutečně jedná o silnou minerální kontaminaci, pocházející z chemické těžby. Karotážní měření tedy podnítilo sanaci turonské zvodně, do které se vlivem přírodních poměrů i vlivem technologických nedostatků dostalo cca 5% kontaminantů zatlačených do cenomanské zvodně.

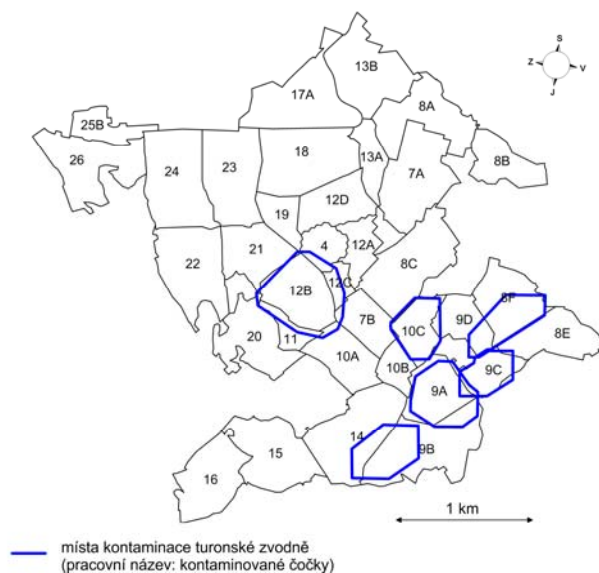
Metodika sanačního procesu

Sanační práce v turonské zvodni byly zahájeny v roce 1998. Základem sanace je odčerpání kontaminace. V začátcích sanačního čerpání byly použity rekonstruované vrty, které původně sloužily ke vtlačení loužicích roztoků do cenomanu. Rekonstrukce

spočívala v zatamponování spodní části vrtu, tj. celého cenomanského intervalu a části nepropustného souvrství spodního turonu. Tím bylo zajištěno oddělení cenomanské zvodně od turonské. Následovalo nastřelení nových perforací v intervalu kontaminace turonu. Poloha perforací byla stanovena podle výsledků měření metodou indukční karotáže. Středisko karotáže zajišťovalo nejen mapování polohy s kontaminací, ale provádělo také trhací práce při perforaci vrtů. Interval perforací byl obvykle 5 metrů, ve kterém bylo použito cca 40 – 80 ks směrových náloží na 1 m perforovaného intervalu. Rozdílný počet směrových náloží byl dán konstrukcí vrtu.

Plošný rozsah kontaminace turonu metodou indukční karotáže byl mapován měřeními v provozních cenomanských vrtech. V devadesátých letech byla zahuštěna síť turonských vrtů novými vrty, které byly využity k mapování rozsahu kontaminace indukční karotáží i k sanačnímu čerpání. Od roku 1990 je stálá karotážní monitorovací síť turonu.

Území s kontaminací turonu má plochu přibližně čtyř kilometrů čtverečních a z technických a organizačních důvodů bylo rozděleno na šest dílčích ploch, pracovně nazvaných "čočky", viz obr. 3.



Obr. 3 Schéma organizačního rozčlenění území s kontaminací turonu na "čočky"

V roce 1998 byla zahájena sanace čočky na polích 8F-9D, postupně se začínaly sanovat další čočky, jako poslední, v roce 2003, čočka na poli 12B, viz harmonogram měření v tab. 1. (Roční perioda detailního karotážního monitorování čoček byla v případech pomalých změn prodloužena na dvouletou.)

| čočka | počet vrtů | začátek sanace | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|----------|------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 8F 9D | 59 | 12.8.1998 | x | x | x | x | x | x | x | x | | x | | X |
| 9A 9B | 54 | 8.11.2000 | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | X |
| 9Bz | 70 | 1.4.2003 | | | | | x | x | x | x | x | | x | |
| 9C | 56 | 2.3.2000 | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | X |
| 10C | 63 | 8.11.2002 | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | X |
| 12B | 23 | 22.10.2003 | | | | | | x | x | x | x | | x | |

Tab. 1 Harmonogram monitorování tuonských čoček

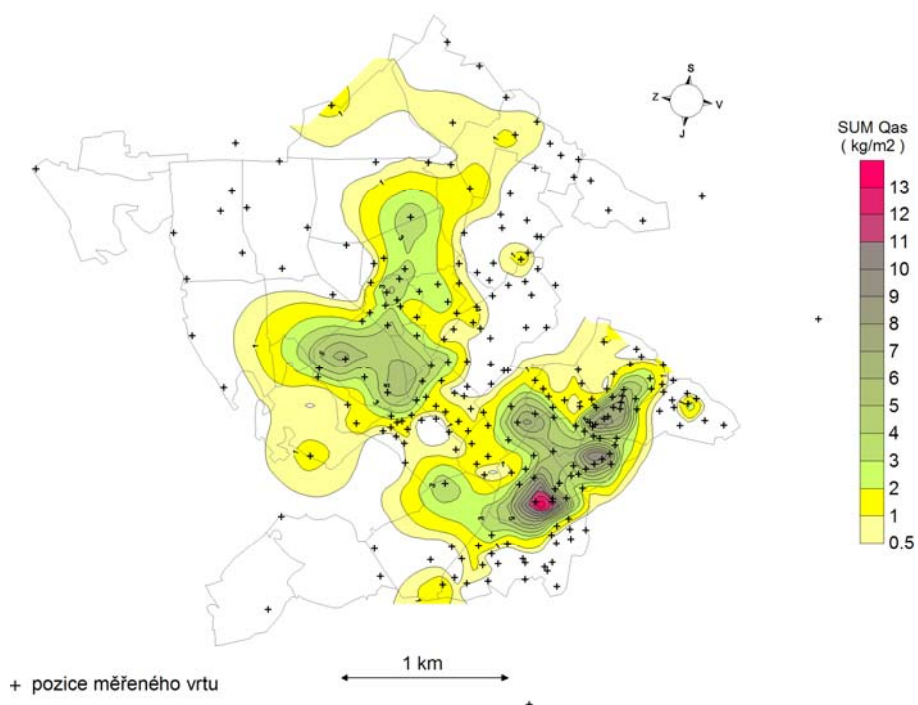
Tak, jak se místně lišily zdroje a příčiny kontaminace, liší se do určité míry i charakter složení a způsob vertikálního rozložení kontaminantu v podzemí. K únikům loužícího roztoku z prasklin pažnic v provozních vrtech přibývaly i havarijní úniky kapalin z povrchových technologií a rozvodů. V několika případech se podařilo indukční karotáží dokonce vysledovat i elektricky vodivý podzemní "oblak" postupně klesající od povrchu terénu přes suché pískovce dolů k hladině tuonu a jeho rozvlečení pomalu proudící tuonskou hladinou k dalším vrtům. Zjednodušený karotážní parametr mineralizace, počítaný jednoduše z měrné elektrické vodivosti pískovců pro pevně daný případ chemismu a porozity, se skutečnými koncentracemi rozpuštěných látek souvisí jen relativně, avšak má nenahraditelný význam pro posuzování objemů kontaminovaných vod.

Výsledky monitorování sanačního procesu

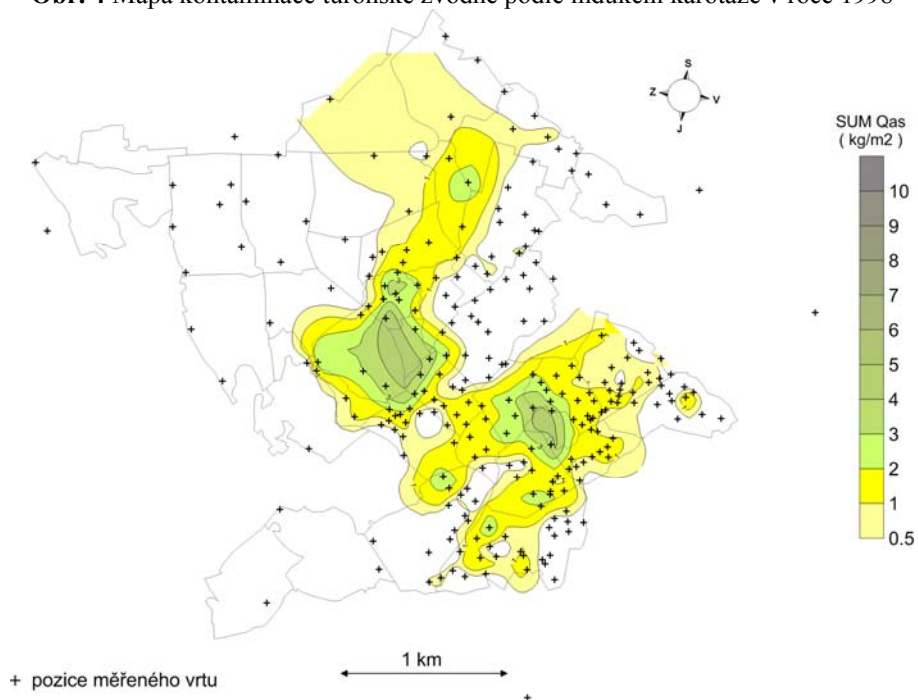
Ze zjištěných objemů a chemismů vyplývá, že v roce 2008 již bylo z podzemí vyvedeno cca 75 % hmotnosti tuonské kontaminace. Centra čoček s koncentracemi rozpuštěných látek v desítkách gramů na litr byla již v prvním roce po zahájení sanace na daném místě vyčištěna na hodnoty zhruba 1 - 2 g/l, avšak dočišťování na limity pro pitnou vodu potrvá déle, protože aureoly s menšími koncentracemi představují výrazně větší objemy vod. Plošné hustoty podle indukční karotáže v letech 1998 a 2008 jsou ilustrovány na obr. 4 a 5.

Výsledky karotážních měření, chemických analýz odebíraných vzorků vod, měření pohybu hladin jakož i celá řada dalších informací, jako například intervaly, ve kterých byly ve vrtech vyrobeny střelnými pracemi pomocí perforátorů nové perforace, se scházejí v informačním systému, používaném zainteresovanými pracovníky na celém závodě TÚU. Tento geologicko-technologický informační systém (GTIS) umožňuje znázorňovat různé kombinace údajů a provádět výpočty, potřebné při řízení sanace. Zjednodušené schéma je na obr. 6.

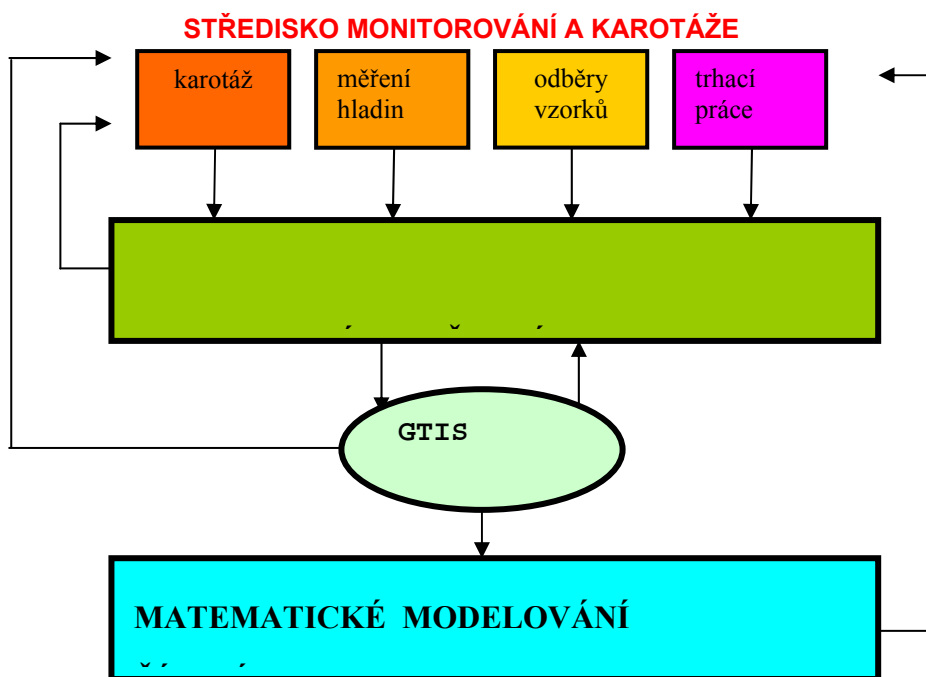
Příkladem zobrazení různých informací v GTIS může být porovnání opakovaných karotážních měření v jednom vrtu s analýzami vody čerpané ze sousedního čerpacího vrtu na obr. 7, nebo znázornění opakovaných karotážních měření na profilu vrtů v centrální části kontaminované čočky na obr. 8.



Obr. 4 Mapa kontaminace tuřonské zvodně podle indukční karotáže v roce 1998



Obr. 5 Mapa kontaminace tuřonské zvodně podle indukční karotáže v roce 2008

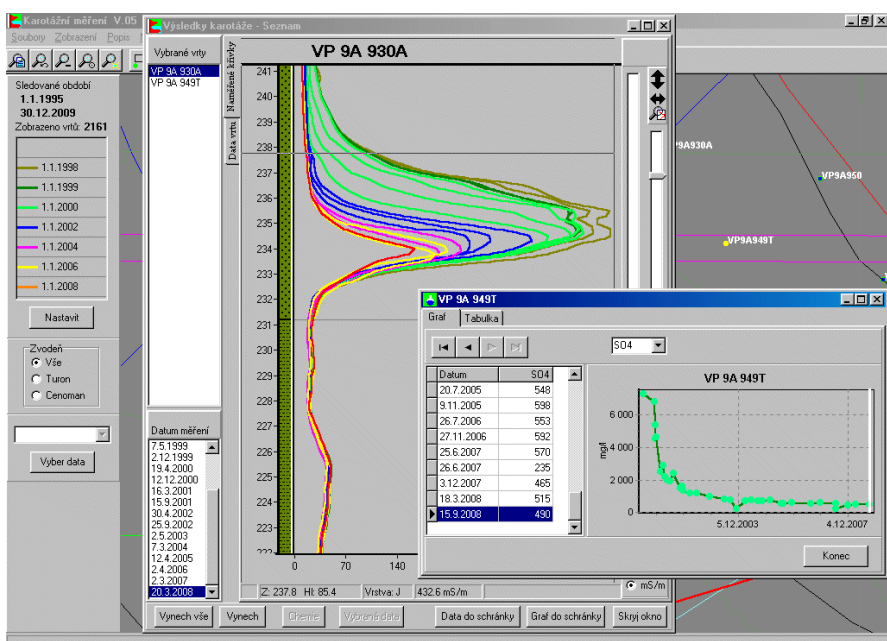


Obr. 6 Schematické znázornění toku dat při řízení sanace

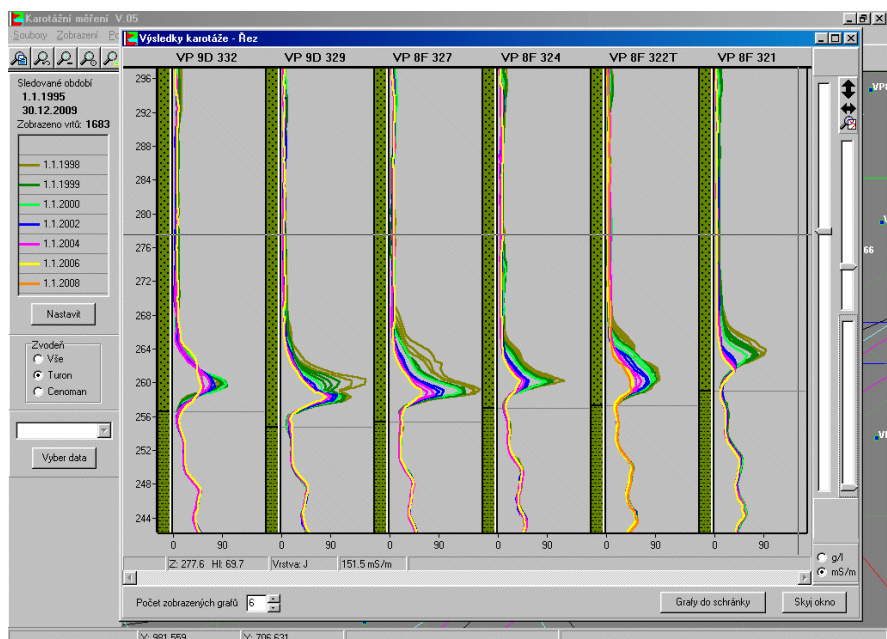
Odběry hydrochemických vzorků.

Pro vyhodnocení sanačního procesu je důležité srovnání čerpaných hydrochemických vzorků s výsledky indukční karotáže. Pro čerpání vzorků z vrtů jsou využívána následující zařízení:

| Typ zařízení: | maximální hloubka zapuštění (m) |
|--|------------------------------------|
| čerpadlo Grunfos MP 1 | 55 |
| čerpání air-liftem (tlakový vzduch z kompresoru) | 170 |
| pulsní čerpadlo s pakrem (poháněné dusíkem) | 190 |



Obr. 7 Časový vývoj měrné elektrické vodivosti turonských pískovců podle indukční karotáže ve vrtu VP 9A 930A a koncentrace iontu SO_4^{2-} ve vodě čerpané v sousedním vrtu VP 9A 949T (obrazovka s informačním systémem GTIS)



Obr. 8 Časový vývoj měrné elektrické vodivosti turonských pískovců podle indukční karotáže na vybraném profilu vrtů čocky 8F-9D (obrazovka s informačním systémem GTIS)

Závěr

Při sanaci turonu na lokalitě ve Stráži pod Ralskem se daří výrazně snižovat množství kontaminantu pod zemí. Podstatou je zcela odstranit poškození zásob pitné vody v turonské zvodni v širším okolí ložiska. Získávají se při tom zkušenosti, které mají obecnější platnost a mohly by nám být užitečné i při řešení dalších úkolů podobného druhu.

Na sanaci ložiska v období 1998 až 2008 se pod vedením geologického oddělení závodu TÚU ve Stráži pod Ralskem podílí několik provozních úseků. Nové sanační vrty odvrstal a vystrojil vrtný úsek, čerpání kontaminovaných vod provádějí úseky vyluhovacích polí, zpracování vod provádí stanice likvidace kyselých roztoků. Tento příspěvek se věnoval podílu střediska monitorování a karotáže.

Literatura

- [1] KAROUS, M. et al. Resistivity Methods for Monitoring Spatial and Temporal Variations in Groundwater Contamination. In *Proc. of GQM 93*. Tallinn, 6-9 September 1993, pp. 21-28.
- [2] NOVAK, J. & SMETANA, R. Modeling of Remediation after the ISL in the Straz Deposit. In *IAEA 94*. Vienna, 15-18 November 1994.
- [3] PRALAT, A. & VROCHINSKY, R. *Technical Description of Induction Log AK 2*. User's manual, Institute of Communication Technology and Acoustics, Wroclaw, 1980.
- [4] STOJE, V. Induction Log - A Good Watchdog. In *IAEA 94*. Vienna, 5-8 December 1994.
- [5] STOJE, V. *Periodické karotážní monitorování kontaminace křídových pískovců metodou IL*. Interní Zpráva o karotážním měření 94/2008 TÚU o.z. DIAMO s.p., Stráž pod Ralskem, 2008.

Oponentní posudek vypracoval:

RNDr. Miroslav Kobr, CSc., Univerzita Karlova Praha, Přírodovědecká fakulta